

MAGNETIC FIELD MEASURING DEVICE

Patent Number: JP5072307

Publication date: 1993-03-26

Inventor(s): ASAI YUJI; others: 02

Applicant(s): NGK INSULATORS LTD

Requested Patent: JP5072307

Application Number: JP19910238078 19910918

Priority Number(s):

IPC Classification: G01R33/032; G02B27/28; G02F1/09

EC Classification:

Equivalents:

Abstract

PURPOSE:To obtain a device with a high productivity which improves a measuring accuracy of both low and high magnetic field regions.

CONSTITUTION:A first light with a wavelength of for example 0.1-2.0μm and a second light with a wavelength of for example 0.3-1.0μm are synthesized by a wave synthesizer 2. The synthesized light becomes a parallel light by an input side lens 4 and is separated by a wave-demultiplexing beam splitter 5. A first light passes through a first polarizer 6A, a first magnetic optical element 7A which consists of a ferromagnetic body, and a first analyzer 8A. A second light passes through a second polarizer 6B, a second magnetic optical element 7B which consists of a paramagnetic material or a diamagnetic material, and a second analyzer 8B. A first output light from the analyzer 8A and a second output light from the analyzer 8B are synthesized by a synthesis beam splitter 10 and are wave-demultiplexed by a wave-demultiplexer 12. A first output light is detected by a photo detector 13A at a low magnetic field region. A second output light is detected by a photodetector 13.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-72307

(43) 公開日 平成5年(1993)3月26日

(51) Int. C1. ⁵	識別記号	府内整理番号	F I	技術表示箇所
G 01 R 33/032		8203-2 G		
G 02 B 27/28	Z	9120-2 K		
G 02 F 1/09	5 0 5	8106-2 K		

審査請求 未請求 請求項の数 3

(全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平3-238078

(22) 出願日 平成3年(1991)9月18日

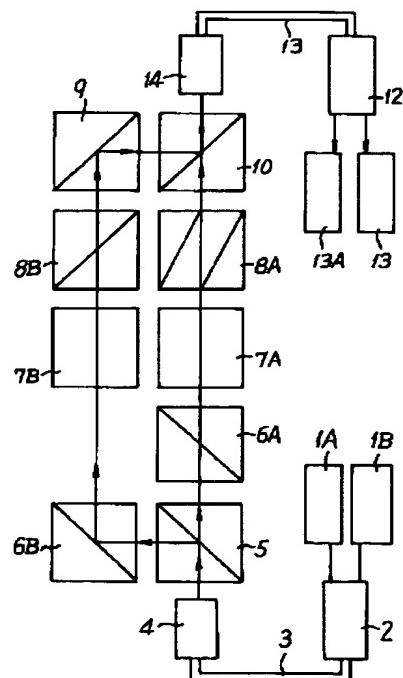
(71) 出願人 000004064
日本碍子株式会社
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(72) 発明者 浅井 裕次
愛知県知多市八幡字左り脇67番地
(72) 発明者 森 豊
愛知県名古屋市中川区一色新町三丁目201
番地
(72) 発明者 田中 直樹
愛知県岩倉市西市町桟東10番地の7 アベ
ニュー岩倉B201
(74) 代理人 弁理士 杉村 晓秀 (外5名)

(54) 【発明の名称】 磁界測定装置

(57) 【要約】

【目的】 低磁場領域および高磁場領域双方の測定精度を向上させるとともに従来の装置よりも生産性の高い装置を提供することである。

【構成】 波長が例えば $1.0 \sim 2.0 \mu\text{m}$ の第1の光と、例えば $0.3 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の第2の光とを、合波器2で合波させる。合波された光は、入力側レンズ4により平行光となり、分波ビームスプリッタ5で分離される。第1の光は、第1の偏光子6 A、強磁性体からなる第1の磁気光学素子7 A、第1の検光子8 Aを通過する。第2の光は、第2の偏光子6 B、常磁性体又は反磁性体からなる第2の磁気光学素子7 B、第2の検光子8 Bを通過する。検光子8 Aからの第1の出力光と、検光子8 Bからの第2の出力光とは、合波ビームスプリッタ10で合波され、分波器12で分波される。低磁場領域では、第1の出力光を光検出器13Aで検出する。高磁場領域では、第2の出力光を光検出器13Bで検出する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の光を発する第1の光源と、第1の光とは異なる波長を持つ第2の光を発する第2の光源と、前記第1の光と前記第2の光とを合波させる合波器と、合波された光を平行にする入力側レンズと、入力側レンズにより平行となった光から前記第1の光と前記第2の光とのうち一方を透過させかつ他方を反射させることにより前記第1の光と前記第2の光とを分離する分波ビームスプリッタと、前記第1の光を直線偏光にする第1の偏光子と、第1の検光子と、前記第1の偏光子と第1の検光子との間に設置された強磁性体からなる第1の磁気光学素子と、前記第2の光を直線偏光にする第2の偏光子と、第2の検光子と、前記第2の偏光子と第2の検光子との間に設置された常磁性体又は反磁性体からなる第2の磁気光学素子と、前記第1の検光子から出てきた第1の出力光と前記第2の検光子から出てきた第2の出力光とのうち一方を透過させかつ他方を反射させることにより前記第1の出力光と前記第2の出力光とを合波させる合波ビームスプリッタと、合波された光を集光する出力側レンズと、出力側レンズにより集光された光を第1の出力光と第2の出力光とに分波する分波器と、分波後の第1の出力光の光量を検出する第1の光検出器と、分波後の第2の出力光の光量を検出する第2の光検出器とを備えた、磁界測定装置。

【請求項2】 前記合波器と前記入力側レンズとが光ファイバによって光学的に接続され、前記分波器と前記出力側レンズとが光ファイバによって光学的に接続されている、請求項1記載の磁界測定装置。

【請求項3】 前記第1の光源と前記第2の光源とが共にレーザーダイオードであり、前記合波器と前記入力側レンズとの間で光が空間を伝播し、かつ前記分波器と前記出力側レンズとの間で光が空間を伝播するように構成された、請求項1記載の磁界測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、磁気光学素子によるファラデー回転を利用して、磁界の強度を測定する装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 送電線網、配電線網及び変電所等において、故障点を検出する目的で、磁界の強度を測定するシステムが最近開発されている。磁界の強度を測定する方法としては、近年、磁気光学効果の一つであるファラデー効果を利用する方法が提案されている。

【0003】 この原理について簡単に述べる。磁界中に置かれた磁気光学素子に対して直線偏光を入射させると、ファラデー効果により、直線偏光の偏光面が磁界強度Hに比例して回転する。次いでこの直線偏光を検光子に透過させると、直線偏光のうち一部分が検光子を透過する。この透過量の大きさは、ファラデー効果による偏

2

光面の回転角度と相関がある。

【0004】 磁気光学素子としては、強磁性、常磁性及び反磁性の磁気光学素子が使用されている。このうち、常磁性及び反磁性磁気光学素子は、ヴェルデ定数が小さく、偏光面の回転角度が小さいので、感度が低い一方、高磁界の測定には向いている。一方、強磁性磁気光学素子は、ヴェルデ定数が大きく、感度が高い。しかし、強磁性体からなっているため、ある磁界強度を超えるとファラデー効果が飽和するので、測定可能範囲が狭い。

10 【0005】 この問題を解決するための方法として、特開昭60-375号公報において、上記した二種類の磁気光学素子を組み合わせた磁界測定装置が提案されているこの装置においては、まず波長が例えば $1.1 \sim 2.0 \mu\text{m}$ である第1の光と、波長が例えば $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ である第2の光とを発生させる。これらの光を合波させた後、偏光子によって2つの直線偏光として分離する。このうち第1の直線偏光を強磁性磁気光学素子に通し、第2の直線偏光を常磁性又は反磁性磁気光学素子に通す。第1及び第2の直線偏光は、それぞれ対応する磁気光学素子を通過し、それぞれ検光子を通過する。そして、各検光子を通過した各出力光の光量を、それぞれ検出する。

20 【0006】 こうした構成とすることにより、磁場強度が小さいとき（例えば $0 \sim 260 \text{ Oe}$ ）では、強磁性磁気光学素子側からの出力値を採用する。また高磁場側（例えば $260 \sim 2600 \text{ Oe}$ ）では、常磁性又は反磁性磁気光学素子側からの出力値を採用する。これにより、低磁場側では装置の感度を高め、高磁場側では測定可能な磁場強度を拡大させることを狙っている。

【0007】

30 【発明が解決しようとする課題】 しかし、本発明者が上述のような装置について検討を重ねてみると、未だ多くの問題があることが解った。即ち、各磁気光学素子に対しては、それぞれ波長 $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の第2の光と、 $1.1 \sim 2.0 \mu\text{m}$ の第1の光とが双方共に入射し、出力される。磁場強度が小さい場合には、強磁性磁気光学素子を用いることになるが、この際、第1の光と第2の光とが共に入射する。そして、波長の小さい第2の光は素子に吸収されるが、全てが吸収されるものではなく、素子を通過する光もある。通常、強磁性磁気光学素子に対しては、波長 $1.27 \mu\text{m}$ の光を入射させて測定するので、これよりも波長の小さい第2の光の分だけ受光装置からの出力が上昇する。

40 【0008】 磁場強度が大きい場合には、常磁性又は反磁性磁気光学素子に対して、第2の光（例えば波長 $0.82 \mu\text{m}$ ）と第1の光（例えば波長 $1.27 \mu\text{m}$ ）とが共に入射し、通過する。そして、受光素子であるフォトダイオードに両方の光が入射する。この際、両方の光についてそれぞれファラデー回転が起こり、それぞれについて検光子からの出力があり、かつ各波長の光についてその出力光量を測定することになる。これらの関係はかなり複雑

50

(3)

3

なものとなり、出力光量と磁界強度とを正確に一対一対応させるのは難しく、精度低下の原因になる。前出の明細書においては、常磁性又は反磁性磁気光学素子の場合、波長 $1.27\text{ }\mu\text{m}$ の光のファラデー効果は、波長 $0.82\text{ }\mu\text{m}$ の光のファラデー効果よりも遙かに小さいので無視できると記載されている。しかし、実際には、偏光面の回転角の比は1:3程度であり、無視できるものではなかった。

【0009】更に、上記の磁界測定装置においては、光源から偏光子へと光ファイバで光を伝播させると共に、強磁性磁気光学素子側の検光子と光量検出器との間、常磁性又は反磁性磁気光学素子側の検光子と光検出器との間に、それぞれ光ファイバを設置する必要がある。このように、三つの経路に光ファイバを設置し、各々光軸調整を行なわなければならないので、生産速度、量を大きくするのが難しい。

【0010】本発明の課題は、低磁場領域および高磁場領域双方の測定精度を向上させるとともに従来の磁界測定装置よりも生産性が高い装置を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、第1の光を発する第1の光源と、第1の光とは異なる波長を持つ第2の光を発する第2の光源と、前記第1の光と前記第2の光とを合波させる合波器と、合波された光を平行にする入力側レンズと、入力側レンズで平行となった光から前記第1の光と前記第2の光とのうち一方を透過させかつ他方を反射させることにより前記第1の光と前記第2の光とを分離する分離ビームスプリッタと、前記第1の光を直線偏光にする第1の偏光子と、第1の検光子と、前記第1の偏光子と第1の検光子との間に設置された強磁性体からなる第1の磁気光学素子と、前記第2の光を直線偏光にする第2の偏光子と、第2の検光子と、前記第2の偏光子と第2の検光子との間に設置された常磁性体又は反磁性体からなる第2の磁気光学素子と、前記第1の検光子から出てきた第1の出力光と前記第2の検光子から出てきた第2の出力光とのうち一方を透過させかつ他方を反射させることにより前記第1の出力光と前記第2の出力光とを合波させる合波ビームスプリッタと、合波された光を集光する出力側レンズと、出力側レンズにより集光された光を第1の出力光と第2の出力光とに分波する分波器と、分波後の第1の出力光の光量を検出する第1の光検出器と、分波後の第2の出力光の光量を検出する第2の光検出器とを備えた、磁界測定装置に係るものである。

【0012】

【実施例】図1は、本発明の実施例に係る磁界測定装置を示すブロック図である。第1の光源1Aは第1の光を発し、第2の光源1Bが、第1の光とは異なる波長を持つ第2の光を発する。第1の光は、強磁性磁気光学素子7Aに適合したものであり、第1の光の波長は $1.0 \sim 2.$

4

$0\text{ }\mu\text{m}$ とすることが好ましい。第2の光は、常磁性又は反磁性磁気光学素子7Bに適合したものであり、第2の光の波長は $0.3 \sim 1.0\text{ }\mu\text{m}$ であることが好ましい。

【0013】第1の光と第2の光とを合波器2で合波させる。合波された光は、光ファイバ3内を伝播し、入力側レンズ4により平行光になる。入力側レンズ4により平行光となった光のうち、第1の光は分波ビームスプリッタ5を透過し、第2の光は分波ビームスプリッタ5で反射される。これにより、分波ビームスプリッタ5で、

10 第1の光と第2の光とが分離される。

【0014】第1の光は、第1の偏光子6Aを通って直線偏光になる。第1の偏光子6Aと第1の検光子8Aとの間には、強磁性体からなる第1の磁気光学素子7Aが設置される。同様に、第2の光は、第2の偏光子6Bを通して直線偏光になる。第2の偏光子6Bと第2の検光子8Bとの間には、常磁性体又は反磁性体からなる第2の磁気光学素子7Bが設置される。

【0015】磁気光学素子7A、7Bを磁界の中に置くと、それぞれに入射した各直線偏光は磁場の大きさおよびそれぞれのヴエルデ定数に対応してファラデー回転を受ける。この後、各直線偏光が検光子8A、8Bをそれぞれ通過すると、偏光面の回転角が光量の差となって出力される。

【0016】第1の検光子8Aから出てきた第1の出力光は、合波ビームスプリッタ10を透過する。第2の検光子8Bから出てきた第2の出力光は、ミラー9で全反射され、合波ビームスプリッタ10で再び全反射される。これにより、第1の出力光と第2の出力光とが合波される。合波された光は、出力側レンズ14により集光され、光ファイバ13を伝播し、分波器12で第1の出力光と第2の出力光とに分波される。分波後の第1の出力光の光量を、第1の光検出器13Aで検出する。分波後の第2の出力光の光量を、第2の光検出器13Bで検出する。

【0017】第1の磁気光学素子7Aに用いる強磁性体としては、強磁性ガーネット結晶が好ましい。この組成としては、 $(\text{Bi}_{x}\text{Y}_{1-x})_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, $(\text{Tb}_{x}\text{Y}_{1-x})_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, $(\text{Bi}_{x}\text{Gd}_{y}\text{Y}_{1-x-y})_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 等がある。第2の磁気光学素子7Bに用いる常磁性体としては、常磁性ガラスが挙げられる。反磁性体としては、 $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ 、 $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ 、
40 ZnSe 、鉛ガラス、 ZnTe 等が挙げられる。

【0018】本実施例によれば、磁場強度が小さいときには、強磁性体からなる第1の磁気光学素子7A側からの出力値を採用できる。磁場強度が大きいときには、常磁性体又は反磁性体からなる第2の磁気光学素子7B側からの出力値を採用できる。これにより、測定可能磁場範囲を広くできる。

【0019】しかも、第1の光からの直線偏光が第1の磁気光学素子7Aへと入力され、第2の光からの直線偏光が第2の磁気光学素子7Bに入力される。即ち、従来
50 と異なり、磁気光学素子7A、7Bには、それぞれ測定

に適合した波長域の光だけが入射する。従って、各検光子8A、8Bからの出力光の光量は、各磁気光学素子7A、7Bにおける各直線偏光の偏光面の回転角と、比較的リニアな関係を保っている（正確には、両者の関係は三角関数で表される）。即ち、従来のように各磁気光学素子7A、7Bに二種類の波長の直線偏光が入射することはなく、これに起因する測定精度の低下は生じない。

【0020】しかも、本実施例では、第1の出力光と第2の出力光とを一旦合波ビームスプリッタ10で合波し、出力側レンズ14、光ファイバ13を通して分波器12へと送り、分波器12で再び第1の出力光と第2の出力光とに分波している。従って、出力側の光ファイバ13が、1本で済む。これにより、出力側で光ファイバを光軸調整する手間が、従来の装置の半分となるので、その分、生産速度、生産量が向上する。

【0021】図1において、分波ビームスプリッタ5で第1の光を反射させ、第2の光を透過させることができる。この場合は、偏光子6A、磁気光学素子7A、検光子8Aの位置を、偏光子6B、素子7B、検光子8Bの位置に入れ換える必要がある。また、図1において、ミラー9と合波ビームスプリッタ10を入れ換え、第1の検光子8Aから出てきた第1の出力光をミラー9で全反射させ、合波ビームスプリッタ10で再び全反射させることができる。

【0022】第1の光源1Aと第2の光源1Bとを共にレーザーダイオードとし、合波器2と入力側レンズ4との間に光に空間を伝播させ、出力側レンズ14と分波器12との間に光に空間を伝播させることもできる。この場合には、光伝播用の光ファイバを設ける必要がないので、装置を量産するのには一層適している。

【0023】以下、更に具体的な実験結果について述べる。図1に示すような装置を用い、磁界強度Hと測定装置の出力との相関を測定した。ただし、第1の光の波長は $1.30\mu\text{m}$ とし、第2の光の波長は $0.85\mu\text{m}$ とし、第1の光源1A及び第2の光源1Bとして発光ダイオードを用いた。第1の光量検出器13Aとしてはゲルマニウム・フォトダイオードを用い、第2の光量検出器13BとしてはシリコンPINフォトダイオードを用いた。強磁性体としては、 $(\text{Bi}_{x} \times \text{Y}_{1-x})_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ を用い、第1の磁気光学素子7Aの測定領域は $0.1 \sim 50\text{ Oe}$ とした。第2の磁気光学素子7Bは、反磁性体である $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ 単結晶で形成し、その測定領域は $50 \sim 25,000\text{ Oe}$ とした。第1及び第2の磁気光学素子を切り換える階では、磁界強度H=50

0e で光検出器の出力が同じ値になるように、光検出器の出力を調整した。この結果、図2に示すように、磁界強度Hと測定装置の電圧出力とが、ほぼ直線的関係になった。

【0024】

【発明の効果】本発明によれば、測定可能範囲を大きくできる。しかも、第1の光からの直線偏光は第1の磁気光学素子のみに入力され、第2の光からの直線偏光は第2の磁気光学素子7Bのみに入力される。従って、従来のように各磁気光学素子に二種類の波長を持つ直線偏光が入射しないので、これに起因する測定精度の低下は生じない。

【0025】しかも、第1の出力光と第2の出力光とを一旦合波ビームスプリッタで合波し、合波後の光を出力側レンズから分波器へと送る。従って、出力側の光ファイバが1本以下で済む。これに対し、従来の装置では、出力側において光ファイバが2本必要であった。従つて、本発明により、光ファイバを光軸調整する手間が従来の半分以下となるので、その分、生産速度、生産量が向上する。

【図面の簡単な説明】

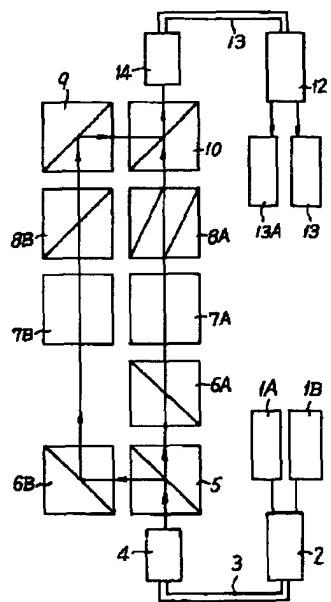
【図1】本発明の実施例に係る磁界測定装置を示すブロック図である。

【図2】磁界強度Hと測定装置の出力との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1A 第1の光源
- 1B 第2の光源
- 2 合波器
- 3, 13 光ファイバ
- 4 入力側レンズ
- 5 分波ビームスプリッタ
- 6A 第1の偏光子
- 6B 第2の偏光子
- 7A 強磁性体からなる第1の磁気光学素子
- 7B 第2の磁気光学素子
- 8A 第1の検光子
- 8B 第2の検光子
- 10 合波ビームスプリッタ
- 12 分波器
- 13A 第1の光検出器
- 13B 第2の光検出器

【図1】



【図2】

